

PC 鋼 材

(1)

宮 川 一 郎*

1. 総 説

PC 鋼材とはプレストレスト コンクリートにおいてコンクリートにプレストレスを与えるために用いる高強度鋼材の総称であって、大別すればPC鋼線、PC鋼より線およびPC鋼棒とすることができる(定義:日本建築学会プレストレスト コンクリート設計施工基準・同解説 第2条)。もちろんプレストレスト コンクリートの緊張材としては必ずしも鋼材に限定される必要もなく他の材料、例えばプラスチックコーテッド(劣化防止処理) グラスファイバーなども種々検討されているがまだ実用段階には間があるようなので本講座ではふれぬこととする。

本講座の構成は四分割とし、本号で総説次号よりPC、鋼線、PC鋼より線、PC鋼棒と連載しそれぞれその製造法、用途、性質の概要を述べてゆくこととする。

まず第一にPC鋼材の歴史については、PC関係の図書には多少とも記載されており、特にプレストレスト コンクリート年鑑 1963 年版記念号 p. 62 に“我が国におけるPC鋼材の今昔”としてその経緯が詳述されている。一般的に記憶しておく程度としては、PC鋼材の始まりは 1886 年ドイツで試みられた中強度PC鋼棒を緊張材とした事例と考えてよく、ただこの場合プレストレスト コンクリートとして試用中に応力減退を生じて普通の鉄筋コンクリートに近い状態となって失敗し、結局実質的な栄誉はフランスのユージン・フレシネーの高強度鋼線と高強度コンクリートの組合わせに与えられてしまったというドイツ、フランスの科学上の争いのエピソード、さらにドイツが再度鋼棒の強度上昇により Dywidag 工法を開発し、フレシネー氏が世界各国にはった STUP(フレシネーファミリー)に対抗していった一幕もある。

欧州におけるこれらの実際の発達は第2次世界大戦の終り頃からであったが、アメリカでは戦後PCストランド(7本より線)の急速な発達という独特な様相を呈してきた。この結果PCの分野で遅れて立上ったアメリカ

は、巨大な生産力と需要に支えられて世界での top にのしあがり、1960年にはPC鋼材の生産量は年間10万tを越えたと推定されている(同年度のPCストランド生産統計は84000tである)。

わが国では、昭和28年(1953年)230t、30年1300tと当初は遅々とした歩みであったが、鉄鋼生産量が飛躍的に増大し—昨年イギリス、昨年西ドイツとつぎつぎに先進国を凌駕する勢いにつれてPC鋼材の生産量も急速に伸張し始めた。

現在ではおおよそ内需1、輸出2.5の比率で販売されており、待望の年間10万tもほぼ達成されているのではないと思われる。アメリカに遅れること5~6年であるが、アメリカが約20%を輸入しているのに対し日本が大半を輸出するという不安定さは問題を残している。日本の輸出先は第一にアメリカでありその他の米洲各国、濠州、東南アジア各国にもすくなくからざるPC鋼線、PC鋼より線が送られている。なお近年は中間材としてのPC用線材、PC鋼より線用系線の輸出も多く、また現地での合弁工場建設あるいはプラント輸出の例も数例数えられている。輸出の際の品種構成は明らかになし得ないが内需では一応プレストレスト コンクリート工

表-1 PC 鋼材国内年間使用量明細

区 分	サ イ ズ (mm)	数 量 (t)	
		昭 和 37 年	昭 和 38 年
PC 鋼 線	2.0	6	4
	2.0×2	98	1
	2.9	371	362
	2.9×2	7 895	8 468
	3.5	62	58
	4.0	0	93
	5.0	3 038	3 064
	6.0	9	181
	7.0	3 531	5 690
	8.0	145	430
9.0	0	35	
小 計		15 155	18 384
異形PC鋼線		62	18
PC鋼より線	6.2×7	0	83
	7.9×7	2	3
	9.3×7	608	652
	10.8×7	87	290
	12.4×7	107	186
	16.0×7	88	0
	小 計		892
PC 鋼 棒	12	1 500	1 450
	24	1 164	1 955
	27	601	1 283
	33	221	2
	そ の 他	222	573
小 計		3 708	5 263
総 計		19 817	24 879

* 南海鋼線鋼索KK

業協会が統計をまとめているので表-1に近年の数字をあげておく。

概略をいえば、昭和37年度のプレストレストコンクリート受注金額総計は183億、同生産は169億、PC鋼材使用量2万t、昭和38年度はこの数値はそれぞれ233億、225億、2.5万tとなっている。PC単位当りのPC鋼材使用量は歴年次第にわずかながら減少気味であり、現在は売上げ90億弱で1万t程度になっている。

なお本統計が国内の総生産実績でないことは統計の性質上当然考えられることであり、ほぼ10%の統計外実需がPCヒューム管メーカーその他のアウトサイダー群の分としてあげられる。例えばPC鋼線の最小径が表-1では2.0mmとなっているが、一地区で月間10tの1.6mm 2本よりPC鋼線が使用されている例をあげることもできる。

世界におけるPC鋼線、PC鋼より線の最大の製造会社はアメリカのJohn A. Roebling's Sons Div. (The Colorado Fuel & Iron Corp.)であり月産4000tの生産と推定される。アメリカで続くメーカーはBethlehem Steel Corp. およびAmerican Steel & Wire Comp. (Div. of U.S. Steel)で生産量はRoebling社の60~70%といわれている。

イギリスでの最大の製造会社は戦後企業合同で同国最大の鋼線、鋼索会社となったBritish Rope's Limitedである。ドイツでは旧KruppのReinhausen社が聞えている。

PC鋼棒は量的に少ないが、イギリスのLee-Mceall社、ドイツのReinhausen社、アメリカのStress-Steel社がある。

日本では、PC鋼棒は神戸製鋼所、住友電気工業、高周波熱錬の3社で製造している。PC鋼線、PC鋼より線の製造会社は約10社あるが、そのうち月産500~2000

tの範囲にあるのは現在の所つぎの6社である。神鋼鋼線鋼索、住友電工、鈴木金属工業、興国鋼線索、東京製鋼、南海鋼線鋼索。

(1) PC鋼材の分類

すでに表-1のPC鋼材の分類にしたがって解説を進めてきたが、ここで正式にPC鋼材の分類を行なって見ることとする(表-2)。

なお、PC鋼線の部に日本では2ply(3ply)を入れる習慣ができていたので注意を要する。また実際の売買では荷姿について特定の要求が行なわれる。例えばPC鋼線では平行線ケーブル用として指定本数ごとの寸法切りと単位結束、一般束取もの、PC鋼線2本よりでは束取とリールもの、PCストランドではリール取り、リールレスものなどの区分がある。このおのおのについては各論で詳述する。

またこのように分類されたPC鋼材の中には逆にPC以外の用途に多量に使用されるものもある。亜鉛メッキPC鋼線はそのまま数百m以上の長大スパンの吊橋の平行線ケーブル材料であり、大物PC鋼棒は接続構造に工夫を加えて港湾用tie-rodとなる。

(2) PC鋼材の必須性能

PC鋼材は、これを使用する工法ごとに、その工法で特に必要とされる性能がある。例えばプレロード工法の5mm PC鋼線における断面減少率約20%のダイスで300m/minの引抜速度での良好な引伸性等であるが全工法を通じて普遍性のある必須性能もまた当然存在する。

その第一は、レラクセーション(応力弛緩)の制限である。PC鋼材のレラクセーションとは、PC鋼材に引張荷重を加えて一定の長さを保つとき時間の経過とともに起こる応力のゆるみであって、この値が大きければ初期の中強度PC鋼棒の話ではないがプレストレスが有名無実となってしまう。

この現象は一定荷重をかえていて材料に伸びが生ずるクリープ現象と全くうらはらのものであって、国によっては測定の容易なクリープで規定する場合もある。レラクセーションないしクリープは高温では割合に数値が大であってよく知られていたが、常温では低強度、または中強度鋼はともかく高強度鋼では短期間に進行が停止してしまうと相当長い年月信じられていたが、現在では精密測定装置の発達でわずかながら進行しつつあることが知られている。

その第二は高破断強度、高降伏強度と安定したじん性であり、この中にはある程度の伸率と材料ごとであまり変化しない応力-ひずみ線図の直線部分の存在(安定した弾性係数ということ)がふくまれる。

破断強度、降伏強度のことは経済的設計に有利であ

表-2 PC鋼材の分類

PC鋼線	<table border="0"> <tr> <td rowspan="2"> <table border="0"> <tr> <td>hard drawn wire</td> <td rowspan="2"> <table border="0"> <tr> <td>BA type</td> </tr> <tr> <td>WA type</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>stress-relieved wire</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	<table border="0"> <tr> <td>hard drawn wire</td> <td rowspan="2"> <table border="0"> <tr> <td>BA type</td> </tr> <tr> <td>WA type</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>stress-relieved wire</td> </tr> </table>	hard drawn wire	<table border="0"> <tr> <td>BA type</td> </tr> <tr> <td>WA type</td> </tr> </table>	BA type	WA type	stress-relieved wire
<table border="0"> <tr> <td>hard drawn wire</td> <td rowspan="2"> <table border="0"> <tr> <td>BA type</td> </tr> <tr> <td>WA type</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>stress-relieved wire</td> </tr> </table>	hard drawn wire		<table border="0"> <tr> <td>BA type</td> </tr> <tr> <td>WA type</td> </tr> </table>		BA type	WA type	stress-relieved wire
	hard drawn wire	<table border="0"> <tr> <td>BA type</td> </tr> <tr> <td>WA type</td> </tr> </table>		BA type	WA type		
BA type							
WA type							
stress-relieved wire							
異形PC鋼線	<table border="0"> <tr> <td>羊丸PC鋼線</td> </tr> <tr> <td>楕円リブ付PC鋼線</td> </tr> <tr> <td>インデントPC鋼線</td> </tr> <tr> <td>デフォームドPC鋼線</td> </tr> </table>	羊丸PC鋼線	楕円リブ付PC鋼線	インデントPC鋼線	デフォームドPC鋼線		
羊丸PC鋼線							
楕円リブ付PC鋼線							
インデントPC鋼線							
デフォームドPC鋼線							
亜鉛メッキPC鋼線							
PC鋼より線	<table border="0"> <tr> <td>2本より (2 ply)</td> </tr> <tr> <td>2本より (3 ply)</td> </tr> </table>	2本より (2 ply)	2本より (3 ply)				
2本より (2 ply)							
2本より (3 ply)							
PC多層鋼より線 (PC strand)	<table border="0"> <tr> <td>7本より</td> <td rowspan="3"> <table border="0"> <tr> <td>standard type</td> </tr> <tr> <td>hightension type (Roebling 270 K)</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>19本より</td> </tr> <tr> <td>37本より</td> </tr> </table>	7本より	<table border="0"> <tr> <td>standard type</td> </tr> <tr> <td>hightension type (Roebling 270 K)</td> </tr> </table>	standard type	hightension type (Roebling 270 K)	19本より	37本より
7本より	<table border="0"> <tr> <td>standard type</td> </tr> <tr> <td>hightension type (Roebling 270 K)</td> </tr> </table>	standard type		hightension type (Roebling 270 K)			
standard type							
hightension type (Roebling 270 K)							
19本より							
37本より							
PC鋼棒	<table border="0"> <tr> <td>熱間圧延鋼棒</td> </tr> <tr> <td>引抜鋼棒</td> </tr> <tr> <td>熱処理鋼棒</td> </tr> </table>	熱間圧延鋼棒	引抜鋼棒	熱処理鋼棒			
熱間圧延鋼棒							
引抜鋼棒							
熱処理鋼棒							

なお、PC strandには亜鉛メッキあるいは plastic coat のものもわずかながらある。

講座

り、PCストランドの hightension type が 7:6 と standard type と比較して宣伝する理由もここにある。ただしどこまでも強度をあげる競争を続けてよいかは問題である。アメリカの特殊鋼業界で開発中と伝えられるPC用超高度鋼はまだ何年先に製品として登場するか不明であるし、PCストランドの hightension type もその製品歩どまりを standard type 同様に維持するには細心の管理を必要とする点から見て同一鋼種ではさらに強度上昇を争うのは製品の信頼度を下げることになりかねない。

その第三は、耐ストレス コロージョン性である。PC鋼材とその鋼種を同じくする発条鋼は焼入れ焼もどし処理またはこれを連続して行なうオイルテンパー処理による製造方法が相当の範囲で行なわれており、PC鋼材で

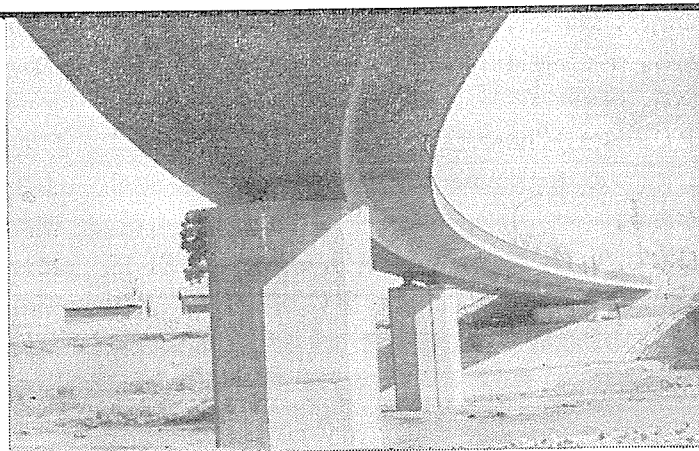
も欧州ではある割合までオイルテンパー処理による製造法が現用されている。この場合、曲線配置で悪劣囲気に接触するとPC鋼材の断線事故が生ずる。一般の hard drawn and stress-relieved の製造法でもこの影響が皆無ではないが一応安全度は高い。

最後に、施工上の見地から直線性が要求される。PC鋼線PC鋼より線、PC鋼棒ともベンチに張り、シースをとおす場合を通じ自由解放状態で曲りぐせがあっては作業に支障をきたす。

したがって製造過程でいずれも適当な伸直方法を取り入れている。元来直線性が保たれていれば曲線配置(PC鋼棒では特に Bar bender で素直な曲線にする場合もある)も無理がなく、寸法切れにも誤差が少ない。



育英橋(大阪府)
3 径間連続曲線函形
R=90 m

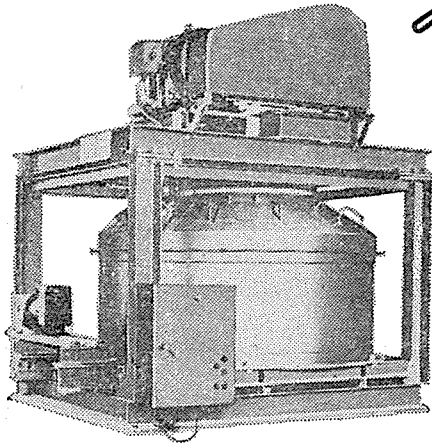
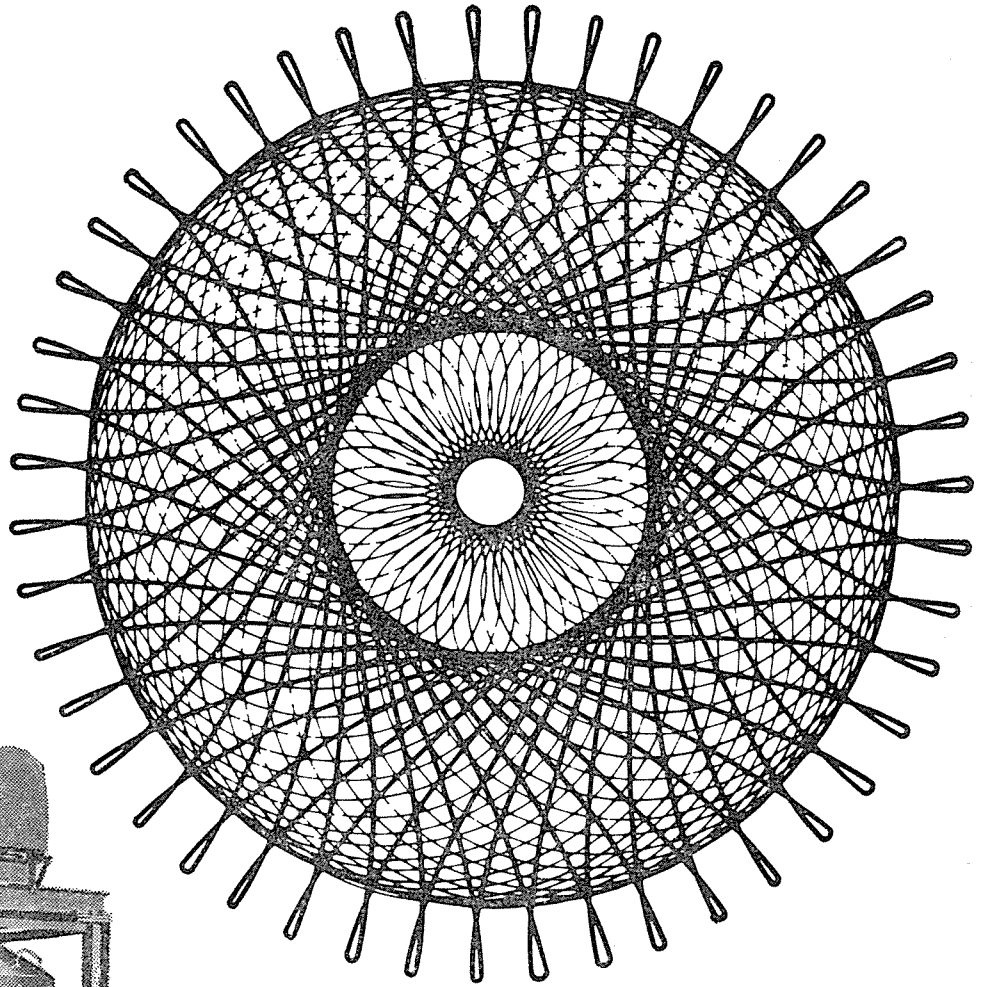


ピーエスコンクリート設計施工並に製作 日本ピー・エス・コンクリート株式会社

顧問 加賀山之雄 顧問 稲浦鹿蔵 取締役社長 有馬義夫

本社	福井県敦賀市泉125号2番地	電話敦賀 1400(代)
東京営業所	東京都千代田区大手町1丁目4番地(大手町ビル3階362号室)	電話東京 201-8651(代)
大阪営業所	大阪市北区堂島上2丁目39番地(毎日産業ビル別館5階)	電話大阪 361-7797
名古屋営業所	名古屋市中村区広井町2丁目54番地(交通ビル5階52号室)	電話名古屋54-6536
福岡営業所	福岡市天神町3番地の1(福岡三和ビル6階)	電話福岡 74-9426

■ 首都高速道路公団御指定
 ■ 日本国有鉄道御採用



この軌跡が.....

JETコンクリートミキサ

日本総代理店

CI 伊藤忠商事株式会社

重機械部

本社 大阪市東区本町2-3-6
 電話(271)2251 機工課
 東京支社 東京都中央区日本橋本町2-4
 電話(860)5111 建設機械課
 名古屋支社 名古屋市中区伝馬町6-1
 電話(21)1261 機械第一課

製造発売元

鷹 山中シャフト株式会社

本社 東京都墨田区亀沢町3-10
 電話(622)6131(代表)

これは、JETコンクリートミキサの練り混ぜ羽の軌跡です。非常によく練れるということが、一目でおわかりになると思います。

10%節約出来る!!

JETコンクリートミキサで1m³のコンクリートを生産すると、今までのミキサを使用するより**10%のセメントが節約出来ます。**

軽量骨材もOK!!

首都高速4号線工事、国鉄中央線工事に使用されたということは、JETコンクリートミキサによる人工軽量骨材使用のコンクリートの混練試験の結果が、優秀であったからです。